



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Počítačová simulace logistických procesů

Metodika simulačního projektu

Jan Fábry

23.02.2023

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Cíl přednášky

- Metodicky vymezit diskrétní počítačovou simulaci.

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Struktura přednášky

- Co je to diskrétní simulace.
- Důvody užití simulací.
- Simulace vs. optimalizace.
- Fázový model simulačního projektu.
- Výhody a nevýhody diskrétních simulací.
- Náročnost simulací.
 - Čas.
 - Náklady.
- Podíl jednotlivých činností na projektu.

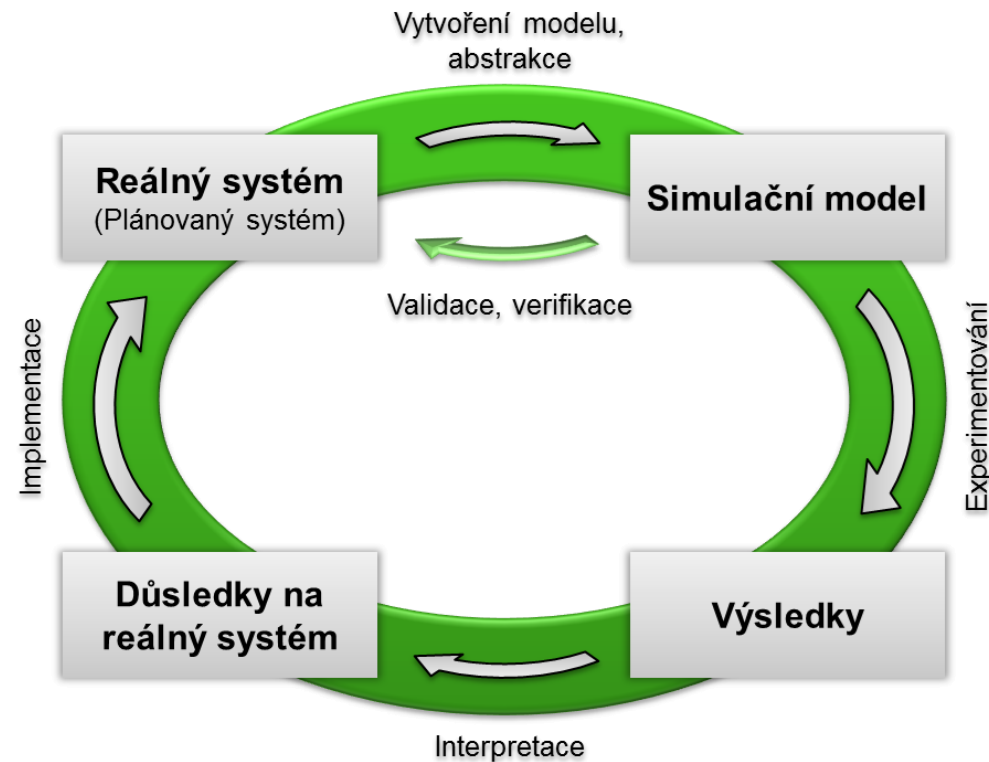
Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Simulace

- **Simulace** je **zobrazení plánovaného** nebo **reálného** systému s jeho dynamickými procesy **prostřednictvím modelu**. Prostřednictvím **experimentování** se simulačním modelem se snažíme získat poznatky, které je možné uplatnit ve výrobě.
- V širším slova smyslu se **simulace** spojuje s **přípravou**, **realizací** a **vyhodnocováním** konkrétních **experimentů** pomocí **simulačního modelu**.



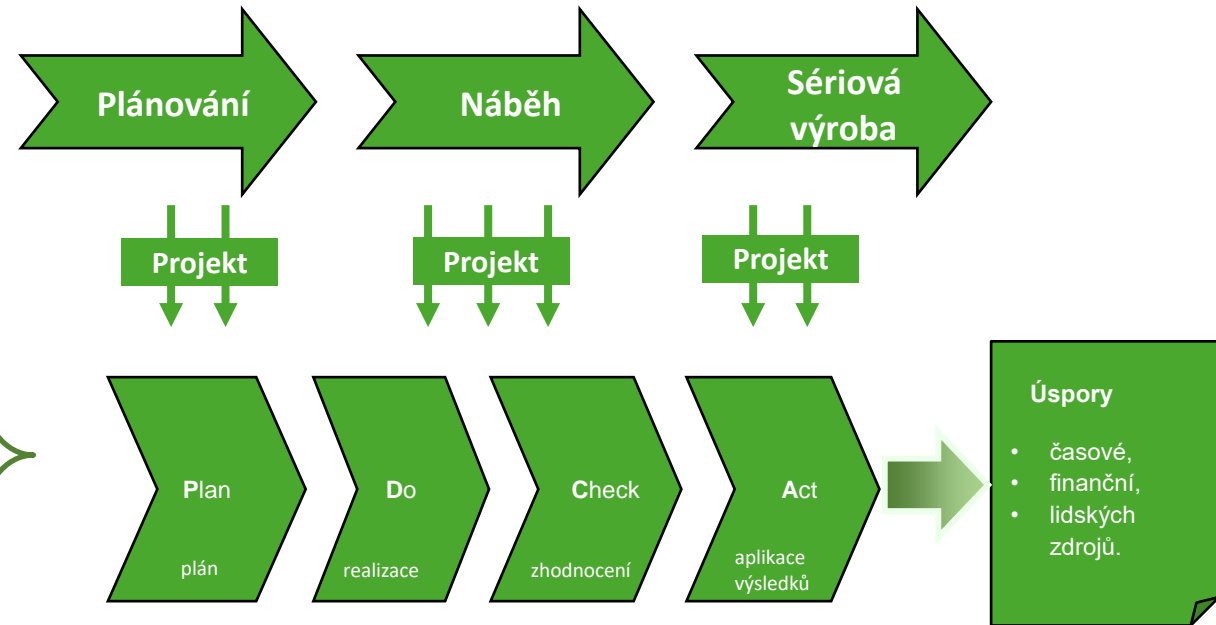
Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Důvody užití simulací

- Identifikace **úzkých míst** ve výrobě.
- Zkracování **průběžné doby** výroby.
- Optimalizace **výrobních dávek**.
- Plánování **kapacit**.
- Implementace metody **Just-in-Time**.
- Projektování **výrobních celků**, reengineering.
- Optimalizace požadavků na **pracovní síly**.
- **Logistická analýza**, analýza výrobních nákladů.
- Podpora při vývoji a testování **řídícího software**.
- **Školení personálu**.
- Plánování **kapitálových investic**, atd.



SIMULACE

- **Testování řešení** v **bezrizikovém prostředí**.
- **Vizualizace následků plánovaných změn**.
- **Včasná reakce na kritiku**, snazší přijetí změn.
- **Vize budoucnosti** ve **virtuálním světě**.



Metodika simulačního projektu

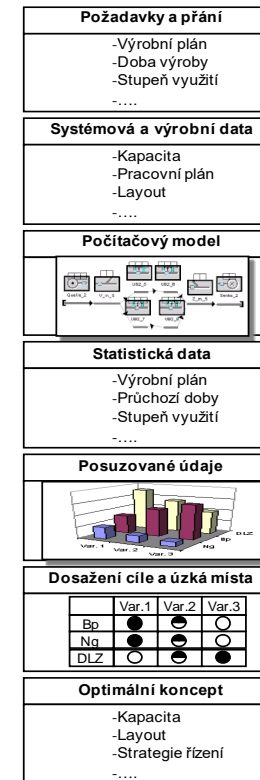
Simulace vs. optimalizace

- Simulace \neq Optimalizace.
- **Simulace** je chápána jako nástroj pro modelování určitých procesů.
 - Simulace jako nástroj sama o sobě **nezaručuje optimální výsledek**.
 - Klíčovou vlastností je schopnost pracovat s náhodnými vlivy.
- **Optimalizace** je chápána v tomto smyslu jako prostředek k **vylepšení parametrů** stávajících procesů (dle zvolených kritérií).
- Optimalizace je založena na **experimentování**.
- Hovoříme tak o **podmíněném optimu**.

Metodika simulačního projektu



Fázový model simulačního projektu

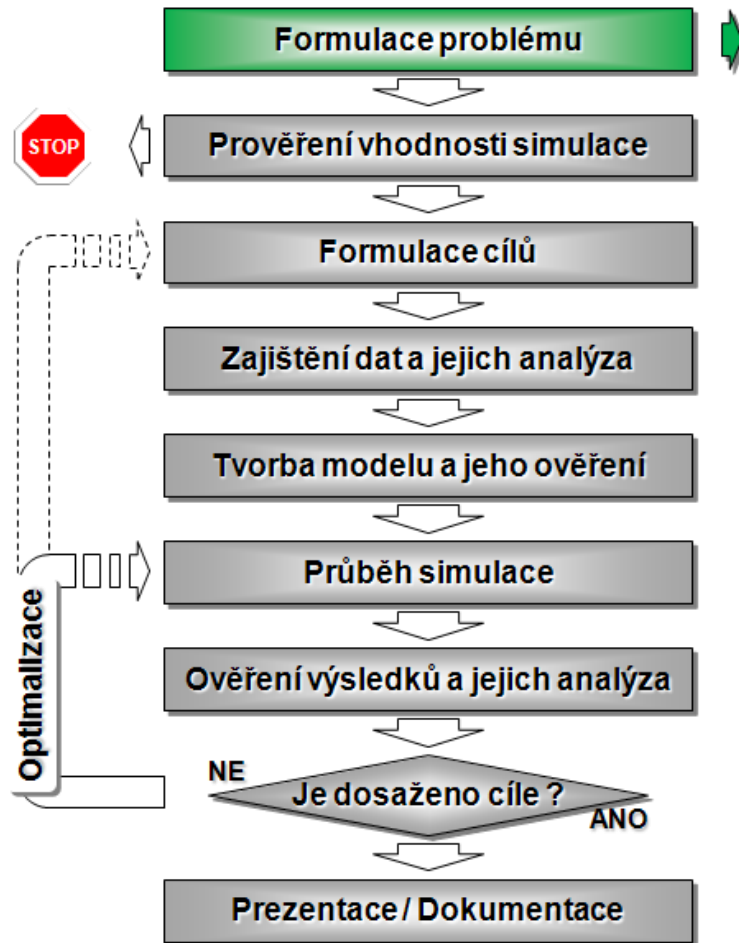


Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Fázový model simulačního projektu



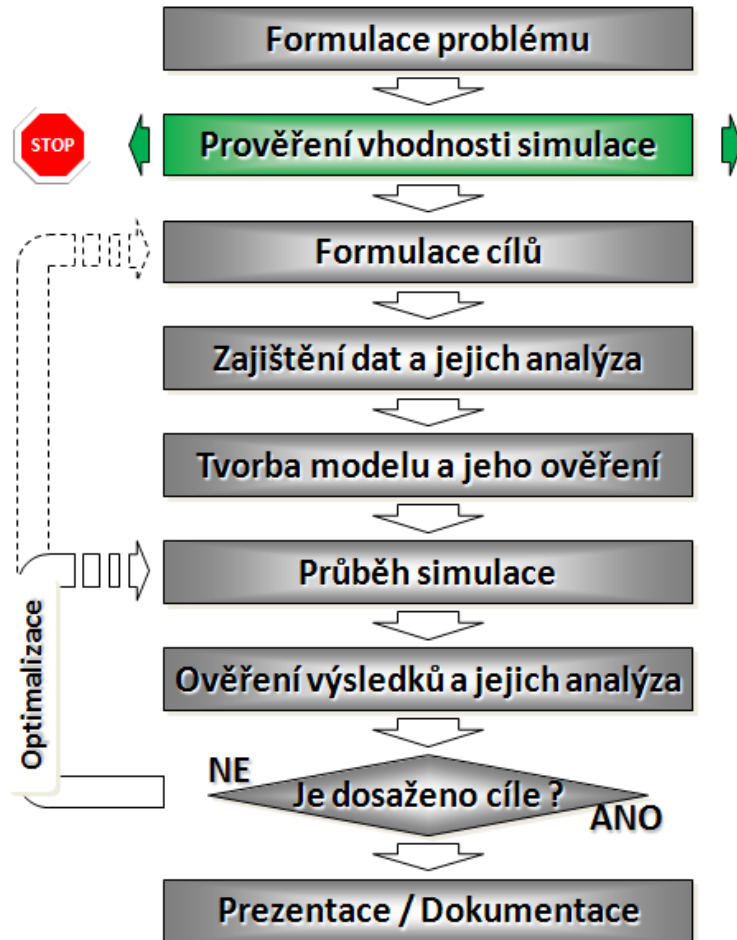
- Vytvoření pracovního týmu, seznámení s provozem, porozumění procesů a struktury systému**
„Spolupráce mezi projektantem a simulačním expertem zaručuje úspěch!“
- Stanovení odpovědnosti osob všech zúčastněných**
Možné chyby: a) Zadavatel není dostatečně informován o aktuálním stavu.
b) Dohody o změnách jsou sjednávány pouze ústní formou (např. při určení cíle).
- Výčet problémů**
 - Které z nich jsou kritické?„Není vhodné hledat řešení před stanovením problému!“
„Jen když člověk ví, kde začal, může posoudit, jak daleko došel!“
- Určení problémů, které je třeba řešit**
 - Jak komplexní je problém?
 - Které působící faktory, závislosti a vedlejší související procesy jsou identifikovatelné?
 - Existuje objemná datová základna?„Problém, který nevyjádříme, ani nevyřešíme.“
- Provéřit, zda se pracuje na správném určení problému**
 - Byly kontrolovány předcházející kroky?
- Písemně zaznamenat určený problém, posoudit a odsouhlasit s pracovním týmem**
 - Bylo zajištěno vyhotovení a předání zápisu, včetně rozdělovníku?„Vnímání zadavatele zasluhuje pozornost.“ „Dokumentovat.“

Možné chyby: Nedostatečné naslouchání zadavatele.

Metodika simulačního projektu



Fázový model simulačního projektu



1. Analýza stanoveného problému se všemi zúčastněnými
2. Prověřit, co je skutečně třeba simulovat (nutný rozsah simulace)

„Není vhodné provádět simulaci, pokud je systém příliš složitý a nedá se definovat či vymežit“

3. Určení možností a limitů simulace

„Simulace není náhražkou plánování“

Možné chyby: Očekávání zadavatele neodpovídají dosažitelným výsledkům simulace.

4. Prověřit, zda je daný problém řešitelný simulací

- Lze problém řešit i běžnými metodami, tj. bez užití simulace (chybějící analytické matematické modely)?
- Byly stávající alternativní postupy řešení problému vyzkoušeny?
- Byl zjištěn poměr mezi náklady a efektem dané situace?
- Panuje nejistota ohledně dat nebo rozdělení rozptylových hodnot a jejich vlivu na výsledkové veličiny?
- Je snaha dosáhnout jistoty a jasných vymezení – jsou-li zadání nepřesná a je-li nedostatek doložených údajů?

„Před nasazením simulace je vhodné posoudit, lze-li problém řešit pomocí jiných analytických metod.“

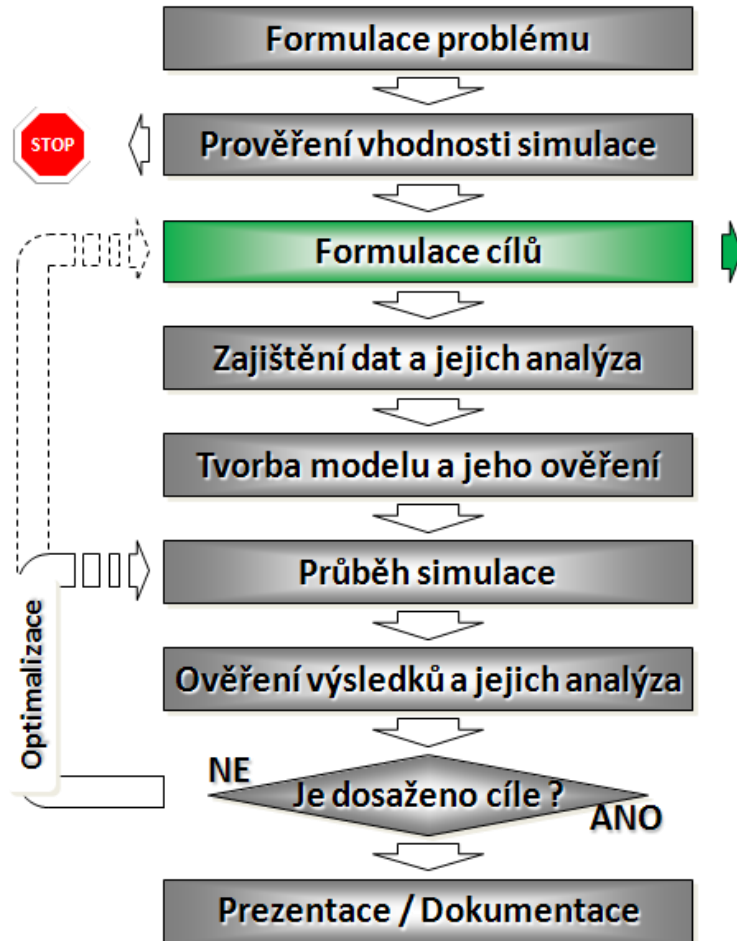
„Není vhodné provádět simulaci, pokud náklady na ni převyšují dosažitelné úspory“

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Fázový model simulačního projektu



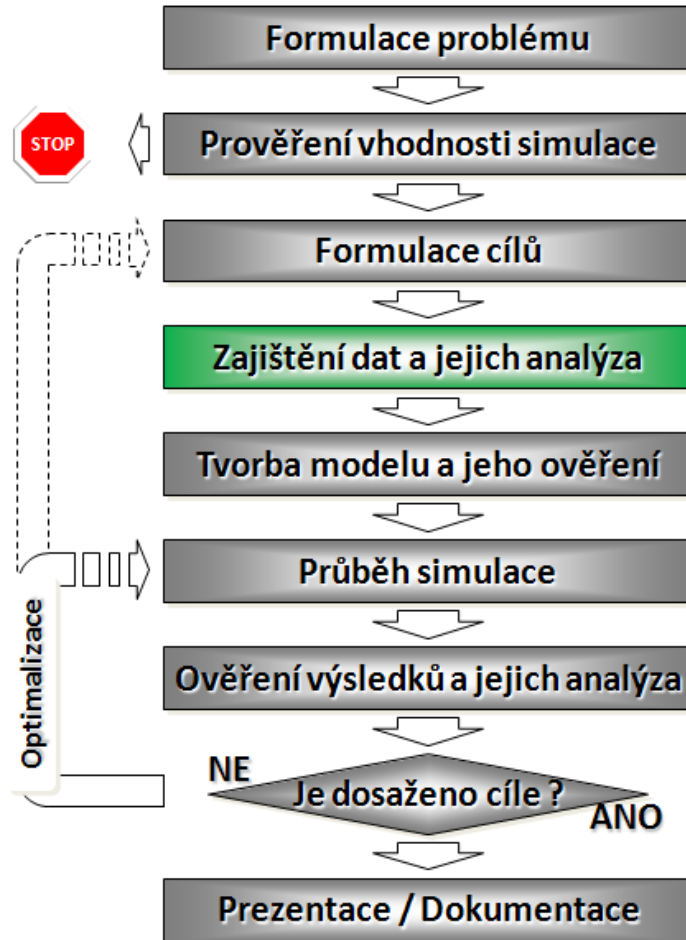
1. Stanovení nadřazených cílů
„Simuluj a až pak investuj!“
2. Stanovení dílčích úkolů a jednotlivých pracovních bloků (formuluj konkrétní jednoduché cíle) včetně sledování vlivů směnových kurzů a vzájemných vazeb mezi jednotlivými
• Lze pomocí simulace prokázat dosažitelnost resp. nedosažitelnost daných cílů?
„Nejasné definování cíle simulace vede k nejasným výsledkům.“
3. Stanovení nadřazených cílů
4. Stanovení hranic systému a rozhraní systémového okolí
5. Stanovení měrných veličin
6. Jde o jednorázovou nebo opakovanou (vícenásobnou) simulaci?
• Při vícenásobném užití simulace je simulace prováděna interně (ve firmě) nebo externě (dodavatelská firma)?
• Při interní simulaci: byl proveden výběr simulátora?
• Při externí simulaci: byl proveden výběr dodavatele?
7. Odhad realizovatelnosti simulace, provedený dodavatelem
8. Písemná dohoda o době trvání simulačního projektu, kterou potvrdí všichni zúčastnění
9. Všemi zúčastněnými potvrzená písemná dohoda o rozsahu plánu a postupu simulačního projektu
10. Všemi zúčastněnými potvrzená písemná dohoda o cílech simulačního projektu
• Je v souladu stanovený cíl a čas určený pro projekt?
11. Všemi zúčastněnými potvrzená písemná dohoda o nákladech na simulační projekt
12. Stanovení podkladů, které je v rámci projektu nutné vypracovat
13. Vytvoření LH-u (VDI 3633 list 2)

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Fázový model simulačního projektu



1. Organizační jednotky
2. Personál
3. Produkt
4. Skupina produktů/skupina zboží
5. Pracovní plán
6. Pracoviště
7. Zakázka
8. Příjem zboží
9. Zásobník(y)
10. Skladování
11. Skladovací prostředky
12. Transportní pomocné prostředky
13. Dopravní prostředky

„Není vhodné považovat data za něco samozřejmého.“

„Bez dat a nebo odhadů simulaci neprovádět.“

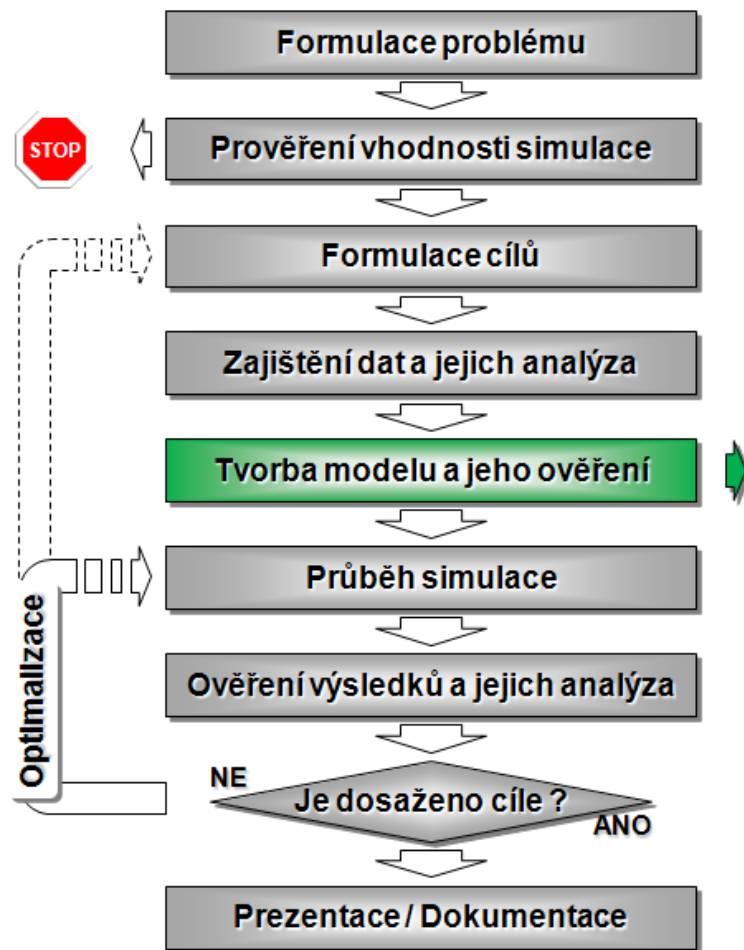
„Jsou-li data chybná, jsou výsledky simulace bezcenné, resp. zavádějící.“

- Možné chyby:
- a) Nasbírání velkého množství dat a rezignace na schopnost odhadu (bud' schopen dělat odhady)
 - b) Shromážděné údaje nejsou hodnoceny dostatečně kriticky

Metodika simulačního projektu



Fázový model simulačního projektu



„Nelze modelovat něco, co nechápeme“

- 1. Vypracování celkového koncepčního modelu coby základu pro diskusi (symbolický nefunkční model)**
„Simulační model je zjednodušeným zobrazením reality nebo plánovaného procesu. Musí být abstraktní, jak je to jen možné, a podrobný, jak jen je to nutné.“
„Spíše než na model se zaměř na problém!“
 - Analýza
 - Abstrakce
 - Byly stanoveny řídicí elementy a systémové hranice?
 - Byly formulované cíle a zobrazované struktury zohledněny?

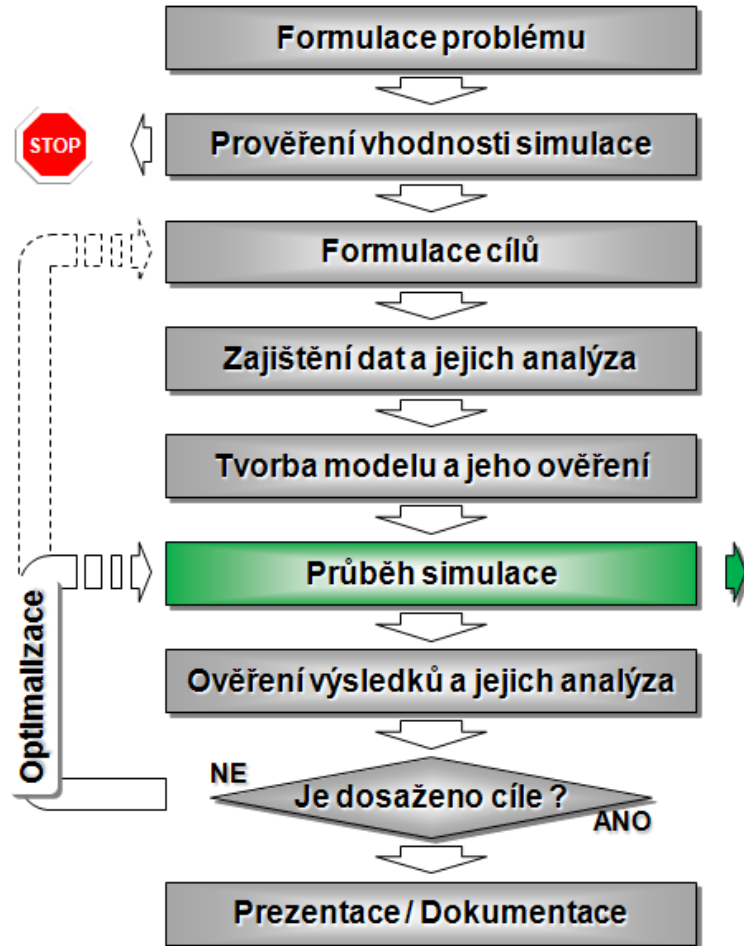
Možné chyby:

 1. Simulační model je tvořen příliš detailně
 2. Simulační model je příliš komplexní a nedá se zvládnout
 3. Při modelování se nevychází ze simulačních cílů
- 2. Započítání realizace simulovatelného modelu, tj. počítačové zpracování matematického modelu (strukturní diagramy)**
- 3. Konzultace se zadavatelem ohledně správnosti modelu a konformity s řešeným zadáním problému**
Možné chyby: Přeceňování platnosti simulačních modulů
- 4. Případný sběr dalších dat za účelem detailního rozlišení již získaných údajů a dosažení konformity se zadáním problému**
- 5. Vypracování podrobného koncepčního modelu**
- 6. Dílčí prezentace modelu za účelem dalšího ověření všemi zúčastněnými subjekty**
- 7. Dokončení předběžné verze simulovatelného modelu**
- 8. Implementace modelu do svého prostředí**
- 9. Potvrzení – validace, verifikace modelu (srovnání, zkoušky mezních, extrémních hodnot)**
- 10. Úprava modelu (na základě negativních výsledků předchozích zkoušek, smyčka)**
- 11. Dokončení modelu, na němž je možno provádět experimenty**

Metodika simulačního projektu



Fázový model simulačního projektu



1. Vytvoření zkušebního plánu s celkovým průběhem

- Je znám počet potřebných průběhů (provedení) simulace?
- Byly nadefinovány variabilní parametry?
- Byly stanoveny hodnoty parametrů?
- Bylo (s minimálním množstvím pokusů) určeno pořadí?
- Byla určena doba trvání simulace?
- Byly stanoveny časy a intervaly měření?

„Experimentovat neznámá zkoušet – je nutno vypracovat plán pokusů!“

„S komplexitou nezačínat hned, ale teprve ji k modelu přiřadit!“

2. Konzultace zkušebního plánu se zadavatelem

3. Realizace experimentů

„Funkcionalita se nedá dosimulovat!“
„Simulace není samoučelná – přiměřeně
simulovat často znamená dostatečně simulovat.“

4. Zaznamenávání experimentů (reprodukovatelnost)

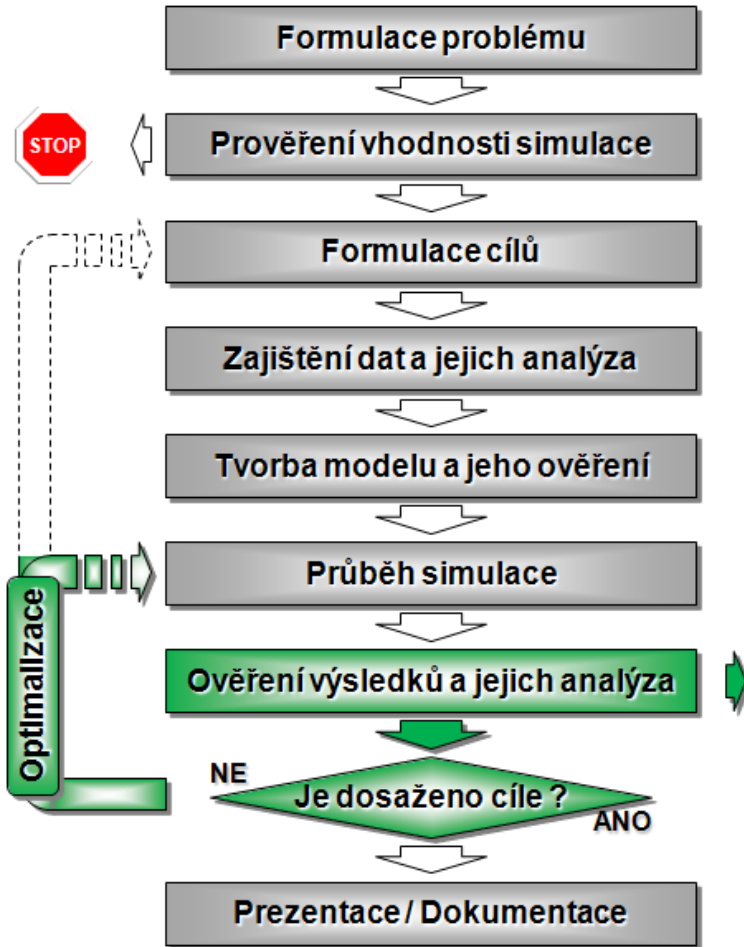
„Provádět dokumentaci!“

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Fázový model simulačního projektu



1. Ověření přijatelnosti výsledků

- Byly provedeny testy zkoumající výsledky z hlediska kvality řešení problému?

„Pokud výsledky nedávají smysl, je nutné je prověřit.“

„Validace je vždy nutná pro ověření kvality výsledků simulace.“

Možné chyby: Výsledky provedených simulací jsou z hlediska přijatelnosti nedostatečně prověřeny.

2. Diskuse se zadavatelem o dalších simulačních opatřeních (nejsou-li výsledky uspokojivé)

„Je zbytečné zapisovat ústní dohody, důležitá je diskuse se zainteresovanými lidmi.“

3. Opakování důležitých kroků až do ověření výsledku

4. Rozdělení a rozřídění datových souborů

5. Úprava výsledků simulace (diagramy, tabulky, grafy, animace)

- Monitoring
- Výpočet statistických údajů (rozptyl, variance)
- Příp. vyhodnocení výsledků pomocí rozboru uživatelských hodnot (stanovení kritérií, významnost, přisouzení hodnot)

6. Interpretace výsledků simulačním expertem a zákazníkem (funkčnost/nefunkčnost)

„Výsledky simulace jsou bezcenné, resp. zavádějící, jestliže jsou špatně interpretovány.“

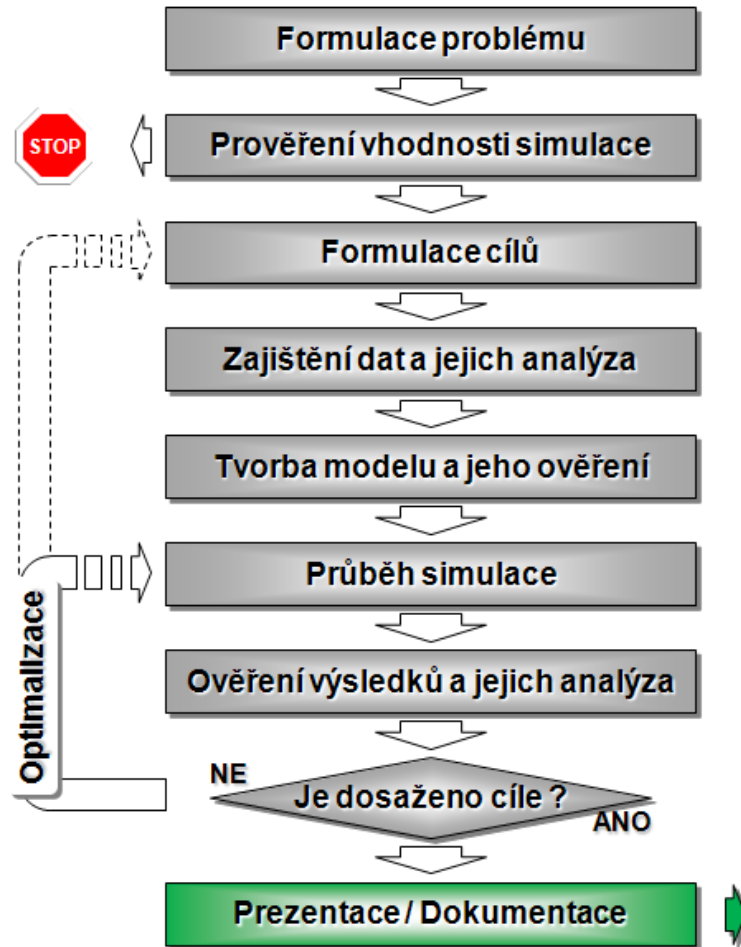
7. Analýza nákladů a přínosů

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Fázový model simulačního projektu



1. Prezentace výsledků před zadavatelem a názorná ukázka simulačních procesů (průběhu simulací, provedených simulací)
2. Srovnání výchozí a nynější situace, předvedení simulačních efektů
3. Diskuse o dosažení cílů simulační studie
4. Diskuse o dalších opatřeních nebo opakování předchozích nutných kroků

„Je vhodné zapojit do diskuze osoby odpovědné za rozhodování - zabránění tak nezdaru projektů (eliminace nebezpečí, že projekty skončí nezdarem)“

5. Dokumentace projektu (rozsah by měl být vyjasněn předem). Jsou zdokumentovány výsledky simulace a řešení daného cíle? Byla podána zpráva o celkovém průběhu projektu, včetně provedených prací a důležitých rozhodnutí? Byly modely a výsledky uloženy do archivu?

Možné chyby: Nedostatečná dokumentace simulačního projektu

6. Předání dokumentace a vyvinutých softwarových nástrojů zadavateli



Metodika simulačního projektu

Výhody diskrétních simulací

- Vytvořený simulační model vede k **lepšímu pochopení** chování reálného systému.
- Roky **zkušeností** s reálným systémem mohou být zkomprimovány do minut či hodin.
- Simulace **nepřerušuje procesy** v reálném systému.
- Simulace je mnohem **obecnější** než matematické modely.
- Simulace může být využita pro **získávání zkušeností** jako hra.
- Simulace může být použita k **analýze přechodových jevů** a **okrajových podmínek** (což u matematických modelů není vždy možné).
- Simulace se často využívá při hledání odpovědí na „**what – if**“ otázky.

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Nevýhody diskretních simulací

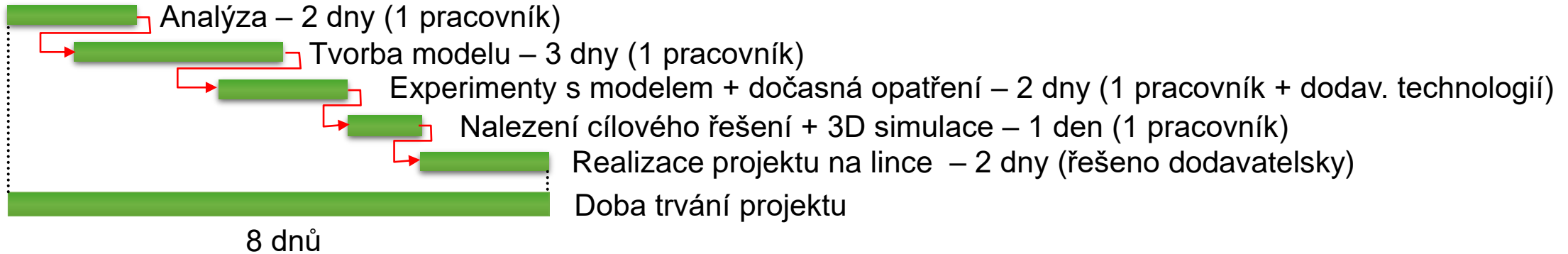
- Neexistuje záruka, že model bude dávat fakticky správné výsledky.
- Někdy neexistuje způsob jak zjistit hodnověrnost modelu.
- Vytváření simulačního modelu může zabrat mnoho času.
- Běh simulace komplexnějších modelů vyžaduje velký počítačový výkon.
- Techniky simulace stále ještě trpí nedostatečně standardizovaným přístupem.
- Může vyžadovat vytvoření většího týmu specialistů v případě komplexnějších modelů.

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Časový průběh projektu – příklad projektu



Přínosy daného řešení:

- Snížení blokáží hlavní linky ze 40 minut za směnu na 3 minuty.
- S dalšími investicemi možnost snížení blokáží pod 1 minutu.

Vyvolané náklady:

- Práce dvou simulačních specialistů.
- Licence softwaru.
- Přeprogramování logiky řízení na lince (řešeno externí firmou).

10 : 1

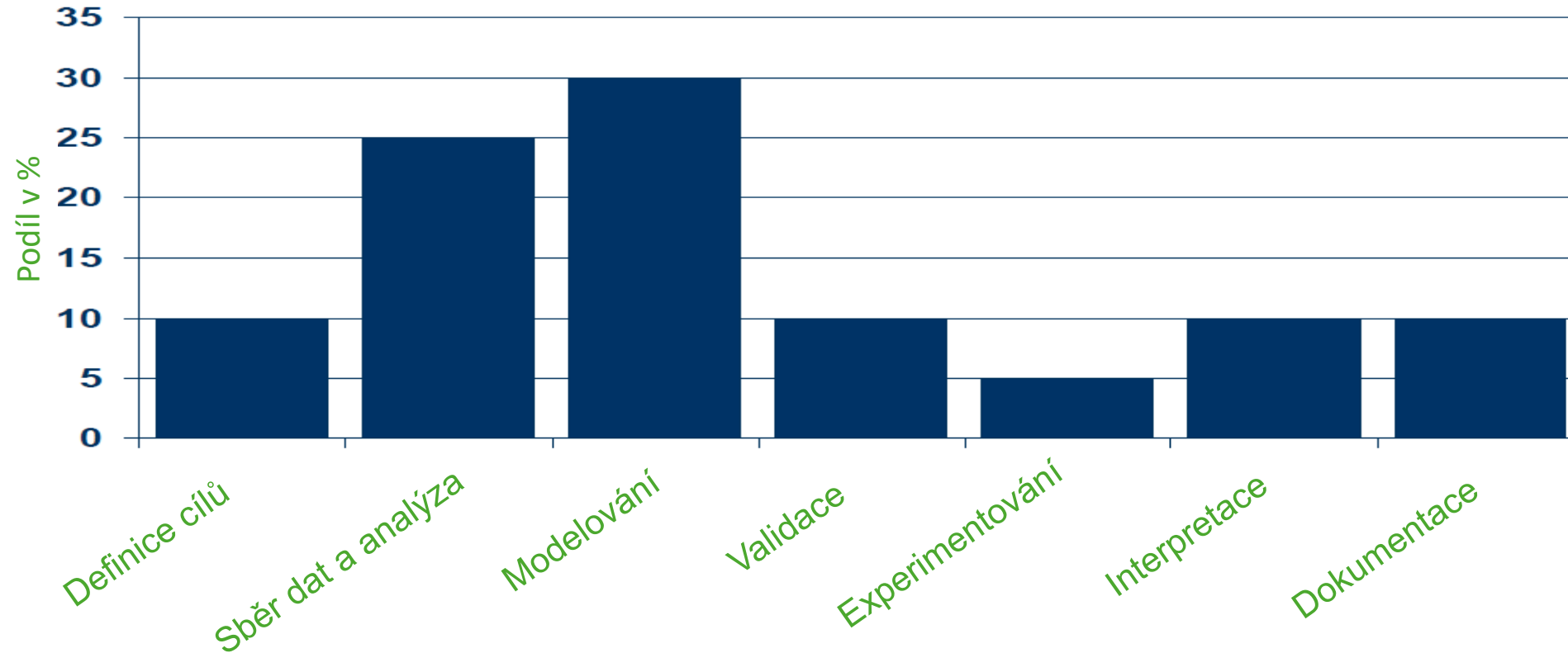
(typický poměr přínosů a vyvolaných nákladů)

Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Podíl jednotlivých činností na celkovém projektu

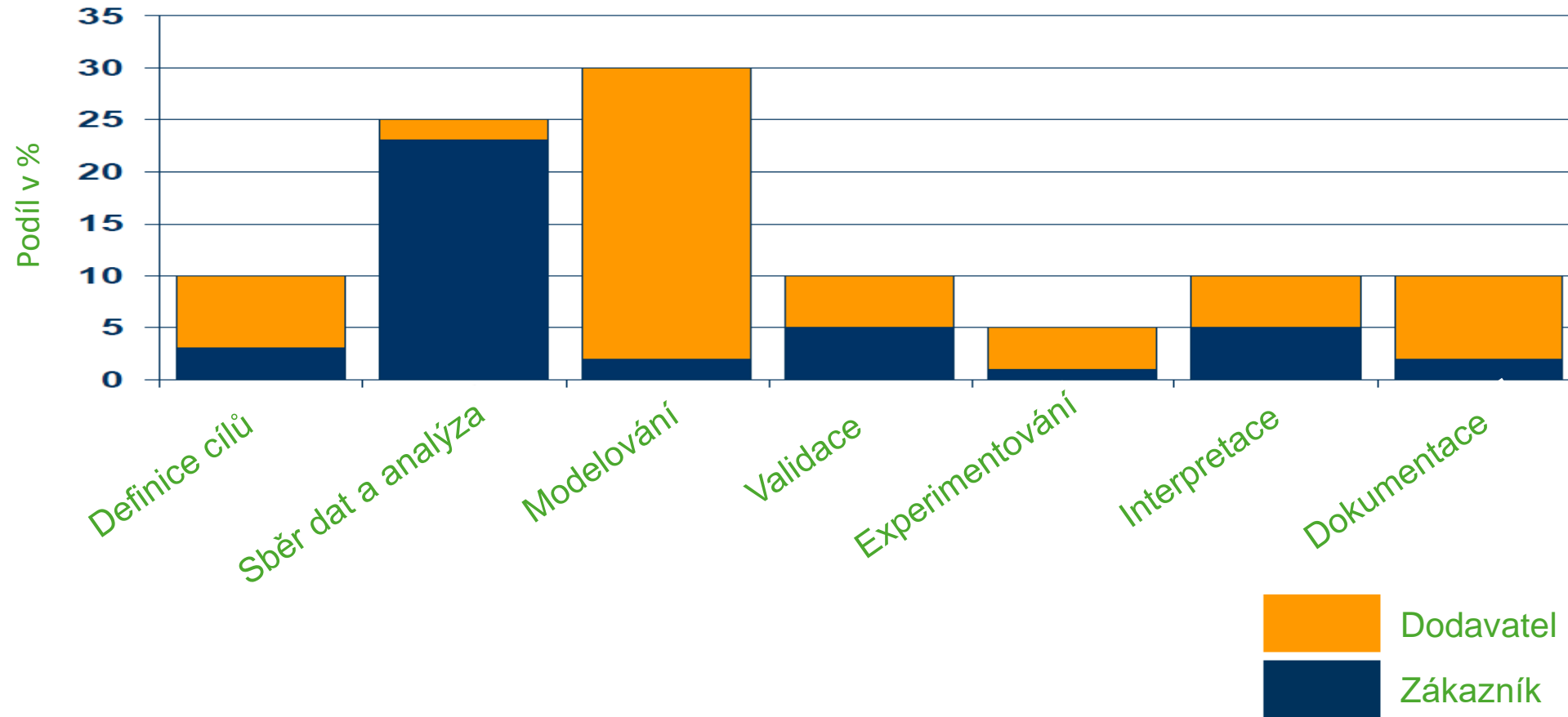


Metodika simulačního projektu



ŠKODA AUTO Vysoká škola

Podíl jednotlivých činností – zákazník vs. dodavatel





ŠKODA AUTO Vysoká škola

Děkuji za pozornost

Jan Fábry

Katedra řízení výroby, logistiky a kvality

✉ fabry@savs.cz

🌐 www.janfabry.cz

www.savs.cz